



優秀競速溜冰選手膝關節肌力及平衡能力特徵

¹吳狄、²洪彰謙、²謝宏昇、²林俊達、²涂瑞洪*

¹國立體育大學、²國立屏東大學

投稿日期：2021 年 02 月；通過日期：2021 年 08 月

摘要

目的：探討優秀競速溜冰選手膝關節肌力及平衡能力的特徵。**方法：**實驗參與者為 12 名優秀男性競速溜冰選手 (年齡 19.79 ± 3.29 歲；身高為 173.68 ± 5.57 公分；體重為 64.12 ± 6.61 公斤)，透過等速肌力儀檢測在五個角速度下 ($60^\circ/s$ 、 $120^\circ/s$ 、 $180^\circ/s$ 、 $240^\circ/s$ 及 $300^\circ/s$) 的膝關節肌力相關參數；平衡能力則透過測力板及 MARS(Measurement, Analysis & Reporting Software)套裝軟體來檢測睜眼及閉眼情境下的單足站立足底壓力中心(center of pressure, COP) 每秒位移面積。所得數據先使用重複量數二因子變異數分析比較左/右膝屈肌及伸肌在五個角速度之差異；再用成對樣本 t 檢定來考驗分析左右腳靜態平衡能力是否具有差異性，自變項為左膝及右膝、屈伸肌 (屈肌:Flexor;伸肌:Extensor)，依變項為膝關節肌力參數，顯著水準 $\alpha = .05$ 。**結果：**1. 膝關節肌力呈現出的特徵為：在高角速度 ($180^\circ/s$ 、 $240^\circ/s$) 下，左膝伸肌於「至最大力矩時間」(time to peak torque) 參數中顯著低於右膝伸肌 ($p < .05$)；2. 在平衡能力方面，左腳的單足站立 COP 每秒位移面積參數顯著低於右腳($p < .05$)。**結論：**透過本研究可具體呈現優秀競速溜冰選手的膝關節肌力及平衡能力特徵，進一步和國際優秀選手比較發現，在膝關節伸肌上普遍優於國際選手，但在屈肌則無此特徵。

關鍵詞：等速肌力、角速度、屈肌/伸肌比

壹、緒論

競速溜冰項目中，比賽場地可分為 200M 的橢圓形跑道及 400m 不規則柏油公路兩種形式的賽道，項目則有 200m 到 20000m 的淘汰賽及 42.2km 的馬拉松。而不同的競賽項目涵蓋了短距離、中距離及長距離，對於選手的肌力、肌耐力及爆發力專項體能也有不同的要求，其中肌力是建立一切精湛技術的根本，如何幫助選手在高強度的競賽中維持良好的肌力，是運動科學訓練研究的初衷。無論是健身運動，或是高速度、高強度的競技運動表現，肌力及爆發力 (power) 往往是決定運動表現的重要因素 (游晴惠、林正常、陳重佑, 2016)。優異的技術表現奠定在雄厚的體能基礎上，所以肌力、爆發力及肌耐力在運動項目中都扮演著重要的角色。Bompa and Haff (2009)特別指出應用科學訓練的手段，強化運動員在肌力與爆發力的訓練規劃及評估，方能有效強化運動員在競技運動表現和專項技術的提升。于興文、王爾、于紅、王振軍 (1997) 以打破世界 3000 公尺滑冰接力紀錄的大陸優秀運動員李長春和張艷梅為研究對象，研究發現下肢的後蹬、踝、膝、髖的相繼施力，用力向後蹬冰是維持合理前傾角的保障，踝關節的力量、蹠骨彎曲的幅

度、力度是蹬伸的基礎。董萍、李連群、李迪、陳杰 (1997) 研究指出，功率 (power)= 推蹬力量 (force) x 推蹬速度 (speed)，功率越大所產生的滑行動能越大，速度也就越快。因此，競速溜冰的推蹬動作，是使身體在滑行的動力來源，動力來源的大小、好壞，主要取決於動作結構的流暢性與肌肉力量的發揮。Felsler et al. (2016) 透過研究競速滑冰運動員在不同距離的速度上腿部肌肉及最大自主收縮的強度與時間關係，結果顯示時間與速度受到膝蓋伸肌的影響，為了能將力量傳遞到冰上，必須穩定膝蓋與踝關節。大多數的直線衝刺、跳躍及改變方向的運動技能能力都需要高強度的下肢力量 (Faude, Koch, & meyer, 2012)。下肢肌力包括膝關節、踝關節及髖關節的力量，利用等速肌力儀 (isokinetic dynamometer) 來測量肌肉力量可以客觀地提供肌肉所產生的量化數據 (Paine, Chicas, Bailey, Hariri & Lowe, 2015)，所測出的最大肌力值可信度極高 (Van.D, Van.R, Vanwanseele, & Delecluse, 2018 ; Duarte et al., 2018)，Intraclass correlation coefficient (ICC) 值可達到 .89 至 .97 (Gross, Huffman, Philips, & Wray, 1991 ; Van.D, Van.R,

*通訊作者：涂瑞洪 國立屏東大學
地址：屏東市林森路1號
E-mail：tu.juihung@gmail.com

Vanwanseele, & Delecluse, 2018)。Alangari & Al-Hazzaa (2004) 也提出透過等速肌力儀可以廣泛用於評估肌肉功能、肌力、肌肉訓練以及受傷風險。饒宗杰 (2016) 提出等速肌力測定儀可以用來測量各部位之最大肌力,也可以用來做很多的比較,例如:評估肌肉力量、肌力訓練後的評估、預測受傷的風險。游晴惠等 (2016) 研究以等速肌力測量系統 (Biodex system 4 Pro) 針對 14 名優秀手球運動員,測量 60°/s、120°/s、180°/s、240°/s、300°/s 角速度時的下肢膝關節肌力,研究發現所有角速度中,右腳與左腳皆無顯著差異,腿後肌鏈群與股四頭肌的肌力比值皆小於 0.5,結果顯示,右腳與左腳肌力雖達平衡,但腿後肌鏈群與股四頭肌肌力比值嚴重失衡,顯示缺乏適當訓練。透過客觀的檢測數據來輔助運動訓練,提昇訓練效益一直是運動科學努力的目標。

在許多運動上,出色的平衡能力是達到最高的競技水平以及避免下肢受傷的必要條件。靜態平衡是以最小的移動量來維持支撐基礎的能力,而動態平衡則是執行任務且同時可以維持或恢復平衡的能力。靜態平衡常用測力板來檢測 COP 持續時間,例如:單腳或是雙腳、睜眼或是閉眼(COŞKUN, Unlu, Golshaei, Kocak, & Kirazci, 2019)。

競速溜冰選手長期在溜冰場地上進行衝刺、過彎等相關訓練內容,而這些選手在膝關節肌力及平衡能力上所具有的相關特徵為何?另外一方面競速溜冰國際化的發展下,競爭日益激烈,國內和國際選手的肌力檢測值是否會有不同趨勢?都是值得探討的主題。因此,本研究目的在於探討優秀競速溜冰選手膝關節肌力及平衡能力的特徵,而研究假設一為在不同角速度下兩側膝關節肌群屈伸肌的肌力參數具有差異性,研究假設二為維持過彎平衡在平衡能力上應較右足穩定。

貳、方法

一、研究對象

本研究對象為 12 位男性優秀競速溜冰選手,慣用側均為右側,年齡為 20.79±3.36 歲;身高為 174.68±5.59 公分;體重為 62.12±6.61 公斤;直排輪訓練資歷為 13.65±3.57 年。收案條件為在 6 個月內無上、下肢神經、肌肉、骨骼、肌腱、韌帶之傷害及無心血管之病史。且需具有國手資歷或曾得全國性比賽金牌(包含世大運金牌、銀牌及銅牌;亞運國手;全國競速溜冰比賽金牌等);排案條件為在六個月內有無上、下肢神經、肌肉、骨骼、肌腱、韌帶之傷害及無心血管之病史或是無國手資歷。

二、實驗儀器及檢測參數

(一) Biodex system 4 pro(Biodex Medical Systems, New York, USA)

透過等速肌力儀 Biodex system 4 pro 來蒐集實

驗參與者膝關節肌力數據,實驗以外展-內收的動作蒐集在五種不同角速度 (60°/s、120°/s、180°/s、240°/s 及 300°/s) 下實驗參與者右膝及左膝伸肌與屈肌的最大力矩 (Peak Torque, PT)、至最大力矩時間 (Time to Peak Torque, TPT)、在 0.18 秒時的力矩(0.18sec Peak Torque)、平均功率 (Average power, AP)、平均力矩 (Average Peak Torque, APT)及主動肌(屈肌)與拮抗肌(伸肌)比。

Kevin et al. (1992) 透過膝關節伸肌的發力率,發現 87%~89%的力矩在角速度 180°/s 及 300°/s 時會在 0.2 秒內完成。Gómez, Fernandez G, Fernandez B, Cutillas, & Bermejo(2010)採用 0.18 sec 作為伸肌及屈肌檢測,故以先前研究設定 0.18sec Peak Torque 為瞬間爆發力指標。

(二)Kistler 測力板(Kistler, Winterthur, Switzerland)

本研究透過 Kistler 測力板及套裝軟體 MARS(Kistler, Winterthur, Switzerland)來檢測在(開眼及閉眼)及單足(左腳及右腳)站立的靜態平衡能力,檢測頻率為 1000Hz,參照 Men(2021)的研究,透過檢測蒐集實驗參與者單足站立 COP 每秒位移面積,來了解實驗參與者的靜態平衡能力。

三、實驗步驟

(一) 等速肌力測試會有兩次練習動作的機會,以讓實驗參與者熟習動作,待操作兩次練習機會後,開始隨機測試在不同角速度下的等速肌力,在每個角速度下,實驗參與者需操作 5 次膝關節伸展/屈曲動作,每個角速度之間,休息 90 秒,待五個角速度完成時,再更換另一隻腳。

(二) 平衡能力測試是透過 MARS 套裝軟體,測試在不同情境(開眼及閉眼)及不同單腳支撐(左腳及右腳),每一種情境測試時間為 10 秒鐘 (Park,S & Park,D,2019),測試之間休息 3 分鐘。

四、資料處理及分析

本研究使用 SPSS for windows 22 (IBM,Armonk,US) 統計軟體進行分析。

(一) 描述性統計

紀錄優秀競速溜冰選手膝關節肌力之 PT、TPT、0.18secPT、AP、APT、單足站立 COP 每秒位移面積及屈肌與伸肌比率。

(二) 膝關等速肌力分析

以重複量數二因子變異數分析,自變項一為屈肌及伸肌,自變項二為左膝及右膝,依變項為膝關節肌力相關參數,若交互作用有達到顯著水準,則進一步以 Bonferroni 進行事後比較。

(三) 靜態平衡能力分析

使用成對樣本 t 檢定來考驗在開眼情境左腳及右腳,及閉眼情境左腳及右腳平衡能力差異。

(四) 本研究各項統計考驗顯著水準均訂於 $\alpha = .05$ 。

參、結果

針對不同膝關節肌力及靜態平衡能力各項參數進行檢驗，統計考驗發現在膝關節肌力的至最大力矩時間及靜態平衡的 COP 每秒位移面積上有達到顯著差異，並透過與其他國家優秀選手膝關節肌力的比較，來了解台灣優秀選手與其他國家選手的差異，以下為數據表及討論：

根據表 1 結果顯示，屈肌與伸肌在各個角速度中相比較未達顯著差異。進一步比較屈肌在左膝與右膝的肌力值，以及伸肌在左膝與右膝的肌力值。發現屈肌未達顯著差異，但在高角速度(180°/sec、240°/sec)下，左膝與右膝的伸肌的肌力達到顯著差異，左膝產生至最大力矩時間快於右膝。顯示優秀選手伸肌在瞬間爆發力上左膝優於右膝。

根據表 2、表 3 及表 4 結果顯示，在 0.18 秒時的力矩、平均力矩及平均功率參數上屈肌與伸肌未達顯著差異、屈肌及伸肌個別在左膝與右膝相比較下亦未達顯著差異。根據表 5 顯示，在左右腳最大力矩中屈肌/伸肌比平均都在 60% 以上，並且左右腳並無相差甚遠。根據表 6 不同國家屈伸肌比，平均皆高於 60% 以上。根據表 7 顯示，針對單足站立 COP 每秒位移面積參數，在開眼情境中，左右腳達顯著差異 ($p < .05$)，顯示出在睜眼單足站立情境中，左腳支撐較右腳好。

表 1 屈肌及伸肌不同角速度至最大力矩時間的比較表 (msec)

角速 度	屈肌		伸肌	
	左膝	右膝	左膝	右膝
60°/S	339.38± 63.48	350.2± 94.02	308.13± 70.28	330.2± 120.91
120°/S	260.7± 24.89	265.81± 55.02	240.35± 37.93	255.3± 76.9
180°/S	245.63± 24.42	246.88± 70.99	146.88 ^{*a} ±70.33	185.63± 54.37
240°/S	165.625± 14.83	190± 77.97	112.5 ^{*b} ± 16.73	145± 44.72
300°/S	111.875± 14.25	126.13± 59.55	108.125± 13.28	120.38± 37.37

註:*表示 $p < .05$ 在左膝和右膝間存在顯著差異。

註: a 表示 180°/s($p=0.02$;Cohen's $d=0.62$);

b 表示 240°/s($p=0.021$;Cohen's $d=0.96$)

表 2 屈肌及伸肌不同角速度 0.18 秒時的力矩比較表(N·m/kg)(牛頓米/選手個人體重)

角速 度	屈肌		伸肌	
	左膝	右膝	左膝	右膝
60°/s	1.53±0.6	1.46±0.3	3.11±0.6	3.10±0.3
120°/s	1.48±0.6	1.47±0.3	2.67±0.5	2.68±0.3
180°/s	1.33±0.5	1.31±0.3	2.19±0.6	2.34±0.3
240°/s	1.24±0.3	1.29±0.3	1.69±0.3	1.78±0.2
300°/s	0.99±0.3	1.06±0.4	1.21±0.3	1.31±0.2

表 3 屈肌及伸肌不同角速度平均力矩比較表(N·m/kg)(牛頓米/選手個人體重)

角速 度	屈肌		伸肌	
	左膝	右膝	左膝	右膝
60°/s	1.73±0.7	1.71±0.3	3.14±0.8	3.31±0.3
120°/s	1.50±0.6	1.56±0.3	2.52±0.6	2.61±0.2
180°/s	1.29±0.5	0.95±0.3	2.11±0.7	2.32±0.2
240°/s	1.18±0.4	1.22±0.4	1.93±0.3	1.92±0.2
300°/s	1.00±0.4	1.05±0.4	1.68±0.4	1.70±0.2

表 4 屈肌及伸肌不同角速度平均功率比較表 (WATTS)

角速 度	屈肌		伸肌	
	左膝	右膝	左膝	右膝
60°/s	1.36	1.37	2.10	2.21
120°/s	2.13	2.28	3.04	3.19
180°/s	2.43	2.49	3.47	3.32
240°/s	2.64	2.84	3.87	3.97
300°/s	2.36	2.51	3.77	3.91

表 5 左右腳最大力矩中主動肌(屈肌)與拮抗肌(伸肌)比率(%)

角速度	左腳	右腳
60°/s	54%	54%
120°/s	60%	60%
180°/s	61%	57%
240°/s	60%	64%
300°/s	61%	63%

表 6 不同國家左右腳最大力矩中主動肌(屈肌)與拮抗肌(伸肌)比率(%)

角速度	左腳		右腳	
國家	中國	外國	中國	外國
60°/s	121%	123%	123%	121%
120°/s	123%	117%	124%	111%
180°/s	56%	81%	61%	80%
240°/s	60%	80%	62%	80%
300°/s	142%	115%	147%	116%

表 7 左腳及右腳單足站立 COP 每秒位移面積比較表 (mm²/sec)

人	開眼	顯著	閉眼	顯著
數		性		性
左	449.38±	.003*	1043.61±	.408
腳	100.51		547.23	
右	383.13±		1148.27±	
腳	50.22		±972.15	

肆、討論

李曉光、周貴臣和鄒曉峰 (2005) 針對競速溜冰優秀運動員彎道推蹬動作進行運動生物力學，結果顯示，左右腳在各階段支撐時間有一定的節奏，有助於彎道滑行速度的穩定性。此外，單腳支撐階段伴隨著下肢的蹬伸，上體會產生下壓動作，身體傾角在單腳支撐時較大。李建勳 (2003) 指出，競速溜冰直線推蹬時的動作需要推蹬力，才能夠使溜冰鞋獲得足夠向前滑行的動力，溜冰鞋需要與前進方向成一定的角度，才使其向前滑行，增加膝蓋的彎曲度對於身體的加速也有明顯的幫助，膝蓋彎曲度越大，重心也就相對越低，因此增加身體穩定度，這樣可以增加伸肌的活動範圍，進而產生更大的推進力才可增加速度。湯田淳等人(2011) 針對參加 500m 的 19 名優秀滑冰運動員進行錄影並計算運動學參數，發現在直線滑冰中，保持較大的伸肌力矩和下肢負荷能力是加速的一重大要素。Konings et al. (2015) 提到膝關節的角度小對於推進時有效益，可以提高滑冰者的能量，但大多數的推進力量還是由在推進過程中膝關節的快速伸展所致，因此優秀的滑冰運動員在滑行階段應保持較小的髖關節與膝關節角度，這樣可使膝關節的快速伸展，提供高功率的輸出。要提昇成績訓練上可以從提昇膝關節伸肌的速度 (爆發力) 及加速屈肌的曲屈速度 (爆發力) 兩個方面來進行。

實驗結果呈現出優秀直排輪選手的特徵為：在至最大力矩的時間參數上，於高角速度情境 (180°/s、240°/s)，伸肌的左膝與右膝達到顯著差異 ($p < .05$)，左膝的時間快於右膝，顯示優秀選手伸肌在瞬間爆發力

上左膝優於右膝。參與本研究之競速溜冰選手均為右測腳為慣用側，訓練雙腳訓練內容是一致的，惟可能因在起跑預備姿勢上均採取左腳在前、右腳在後的起跑預備姿勢，聞起跑口令後選手向前跨出右腳，左腳是起跑動作啟動的重要關鍵，本研究數據證實本研究的優秀直排輪選手具有左腳的爆發力優於右腳的特徵，具有上述特徵的選手在起跑時即具備了極佳的優勢領先其它競爭者並佔有利比賽位置。另外一方面直排輪在訓練上是以繞圈的方式進行，亦即採用剪冰動作的方式進行，以行進方向相對於場地的內外側而言執行剪冰動作，外側腳右腳主要在於調控行進的方向，內側腳左腳主要功能在於提供行進動作的穩定性與力量的發動，長期訓練下在爆發力上左腳有優於右腳的特徵。

比較台灣、大陸與國外優秀直排輪運動員的膝關最大力矩檢測值 (附錄 1)，發現國外選手在 60°/s、120°/s 及 300°/s 角速度上，有屈肌大於伸肌的情形；在 180°/s 及 240°/s 則呈現伸肌大於屈肌的特徵；在屈肌最大力矩部分，台灣選手都較國外選手低，在伸肌最大力矩部分，在角速度 (60°/s、120°/s、180°/s、300°/s)，台灣選手都較國際選手高。近年台灣優秀競速溜冰選手在國際賽事上屢有斬獲，以 2017 台北世大運競速溜冰賽為例，滑輪溜冰隊拿下 10 金 11 銀 2 銅成績優異，以現階段國內選手所具備的肌力優勢特質，透過了解外國選手之肌力特徵，進一步再強化國內選手較不足的部份，將是未來努力的目標之一。

Yeung, S, Suen, & Yeung, E (2009) 指出，對於田徑運動員而言，當腿後肌腱群與股四頭肌群的比率小於 0.6，提高腿後肌腱群拉傷的風險更高達 17 倍，本文透過左右腳最大力矩中屈肌與伸肌比率發現，本文實驗結果平均幾乎都高於 0.6 另外，透過與中國及外國選手左右腳最大力矩中屈肌與伸肌比率比較，發現中國及外國選手在 60°/s、120°/s 及 300°/s 角速度上，屈伸比差異較大，呼應在最大力矩中屈肌大於伸肌的情形，在 180°/s 及 240°/s 則與台灣選手相似，顯示經長期訓練下優秀競速溜冰選手訓練，所呈現的比率數據合宜，可排除離心肌群作動過程中會產生拉傷的風險，並且在訓練上並無失衡之情形。

在靜態平衡能力中，在睜眼單足站立情境時，左腳支撐較右腳好。這也與力量數據相呼應，左腳為了保持平衡，需要保持出力狀態，以免被離心力甩出跑道，因此左腳的靜態平衡能力較右腳好。另外一方面本研究的實驗參與者在起跑預備動作方面均採左腳在前右

腳在後的方式進行，於起跑過程中左腳扮演穩定及力量輸出的重要角色，長期訓練下極可能是造成左腳平衡能力優於右腳的重要因素之一。在閉眼情境中，左腳及右腳並未達到顯著。閉眼不具差異性，有可能是競速溜冰訓練及比賽情境為開眼型式所致。

Vuillerm et al. (2001) 透過比較體操運動員及非體操運動員，發現在三種不同難度的站立姿勢（雙腳、單腳及不穩定表面）姿勢控制中，在閉眼單腳支撐，體操運動員的晃動擺幅明顯減少；Margnes, Portet, & Breucq (2011) 也透過不同視覺條件（開眼、閉眼）及穩定性（靜態、動態）下的姿勢控制衝浪運動者及非衝浪運動者，透過測量 COP 來評估平衡參數，發現衝浪運動者具有更少的晃動擺幅，且是在閉眼的情況下；

不同上述結果，平衡能力的特徵因項目及訓練方式呈現不同的結果，直排輪運動需透過下肢連續性的推蹬及平衡來進行，運動情境亦屬開放情境。本研究實驗結果呈現實驗參與者在睜眼情境下，左腳優於右腳的特徵。

伍、結論

透過本研究可具體呈現優秀競速溜冰選手的膝關節肌力及平衡能力特徵，發現台灣優秀競速溜冰選手在膝關節伸肌都較屈肌好，在高角速度(180°/s、240°/s)下，左膝伸肌在到最大力矩的時間上，優於右膝。進一步和國際優秀選手比較後發現，在膝關節伸肌上，台灣優秀競速溜冰選手普遍優於國際選手，但在屈肌則無此特徵，但對於最大力矩中屈肌與伸肌比率上，屬於正常範圍。因此，在未來優秀競速溜冰選手在訓練上，國內選手可針對膝關節屈肌的動態性肌力予以強化，以維持競爭優勢；對於成績與屈伸比數值有無直接關係也是值得深入探討的議題，未來針對長時間觀察下之競速直排輪選手下肢膝關節特徵時，可進行探討；本實驗只針對膝關節的動態肌力進行檢測，未來針對直排輪的推刃動作，可加入踝關節的動態肌力檢測與分析；在平衡能力方面，因本次只檢測靜態平衡能力，未來可增加動態平衡能力檢測。

陸、致謝

本研究之完成感謝科技部計畫上肢增強式訓練機監控模組建構與複合式訓練效果研究 109-2410-H-153-022 -所提供研究人力儀器、耗材等相關的支援。

柒、參考文獻

于興文、王爾、於紅、王振軍(1997)。對我國女子短道起跑前兩步的生物力學研究。瀋陽體育學院學報，1，13-17。

李建勳(2003)。優秀競速溜冰選手起跑動作之三度

空間運動學分析(未出版碩士論文)。屏東教育大學，屏東縣。

李曉光、周貴臣、鄒曉峰(2005)。我國優秀速滑運動員彎道蹬冰動作的生物力學分析。冰雪運動，2，3-4。

游晴惠、林正常、陳重佑(2016)。優秀女子手球運動員的下肢肌力診斷。運動教練科學，44，1-8。

湯田淳，柳澤修，村田正洋，橫澤俊治，山辺芳，& 青柳徹。(2011)。スピードスケート短距離ジュニアおよびシニア選手における筋の形態的特徴と陸上模倣動作における関節トルク発揮能力との関係。体育学研究，56(1)，115-127。

董萍、李連群、李迪、陳杰(1997)。對速滑直線側蹬冰動作的解剖學分析。瀋陽體育學院學報，2。

饒宗杰(2016)。大腿前、後側等速肌力與運動傷害之相關性探討。高師大體育，15，37-49。

Alangari, A. S., & Al-Hazzaa, H. m. (2004). Normal isometric and isokinetic peak torques of hamstring and quadriceps muscles in young adult Saudi males. *Neurosciences Journal*, 9(3), 165-170.

Bompa, T. O., & G.G. Haff.(2009). Periodization: Theory and methodology of training. 5th ed. Lower Mitcham: *Human Kinetics*,18-21.

COŞKUN, B., Unlu, G., Golshaei, B., Kocak, S., & Kirazci, S. (2019). Comparison of the static and dynamic balance between normal-hearing and hearing-impaired wrestlers. *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine*,8(1),11-16.

Duarte, J. P., Valente-dos-Santos, J., Coelho-e-Silva, M. J., Couto, P., Costa, D., Martinho, D., & Gonçalves, R. S. (2018). Reproducibility of isokinetic strength assessment of knee muscle actions in adult athletes: Torques and antagonist-agonist ratios derived at the same angle position. *Plos One*, 13(8).

Faude, O., Koch, T., & meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal of Sports Sciences*, 30(7), 625-631.

Felser, S., Behrens, M., Fischer, S., Heise, S., Bäumlner, M., Salomon, R., & Bruhn, S. (2016). Relationship between strength qualities and short track speed skating performance in young athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science In Sports*, 26(2), 165-171.

Gómez-Barrena, E., Fernandez-García, C., Fernandez-Bravo, A., Cutillas-Ruiz, R., & Bermejo-Fernandez, G. (2010). Functional performance with a single-radius femoral design total knee arthroplasty. *Clinical Orthopaedics and Related Research*[®], 468(5), 1214-1220

Gross, M. T., Huffman, G. M., Phillips, C. N., & Wray, J. A. (1991). Intramachine and intermachine reliability of the Biodex and Cybex® II for knee

- flexion and extension peak torque and angular work. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 13(6), 329-335.
- Hrysomallis, C. (2011). Balance ability and athletic performance. *Sports Medicine*, 41(3), 221-232.
- Jiao-Yang, Xia. (2012). The comparative analysis on muscle of short and long track speed skating athletes. *Applied Mechanics and Materials*, 117, 737-740.
- Konings, M. J., Elferink-Gemser, M. T., Stoter, I. K., Van der Meer, D., Otten, E., & Hettinga, F. J. (2015). Performance characteristics of long-track speed skaters: a literature review. *Sports Medicine*, 45(4), 505-516.
- Men, Y. (2021). SCIENTIFIC TRAINING OF SPORTS MEDICINE FOR BALANCE OF KNEE JOINT MUSCLE STRENGTH OF ATHLETES. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 27, 498-503.
- Olivier, A., Viseu, J. P., Vignais, N., & Vuillerme, N. (2019). Balance control during stance-A comparison between horseback riding athletes and non-athletes. *PLoS One*, 14(2), e0211834.
- Paillard, T., Margnes, E., Portet, M., & Breucq, A. (2011). Postural ability reflects the athletic skill level of surfers. *European Journal of Applied Physiology*, 111(8), 1619-1623.
- Paine, R., Chicas, E., Bailey, L., Hariri, T., & Lowe, W. (2015). strength & functional assessment of healthy high school football players: analysis of skilled and non-skilled positions. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(6), 850.
- Park, S. Y., & Park, D. J. (2019). Comparison of foot structure, function, plantar pressure and balance ability according to the body mass index of young adults. *Osong Public Health and Research Perspectives*, 10(2), 102.
- Van Driessche, S., Van Roie, E., Vanwanseele, B., & Delecluse, C. (2018). Test-retest reliability of knee extensor rate of velocity and power development in older adults using the isotonic mode on a Biodex System 3 dynamometer. *Plos One*, 13(5).
- Van Driessche, S., Van Roie, E., Vanwanseele, B., & Delecluse, C. (2018). Test-retest reliability of knee extensor rate of velocity and power development in older adults using the isotonic mode on a Biodex System 3 dynamometer. *Plos One*, 13(5).
- Vuillerme, N., Danion, F., Marin, L., Boyadjian, A., Prieur, J. M., Weise, I., & Nougier, V. (2001). The effect of expertise in gymnastics on postural control. *Neuroscience Letters*, 303(2), 83-86.
- Wilk, K. E., Arrigo, C. A., Andrews, J. R., Clancy, W. G., Lemak, L., Erber, D., & Hinger, D. (1992). Anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation: a 12-week follow-up of isokinetic testing in recreational athletes. *Isokinetics and Exercise Science*, 2(2), 82-91.
- Yeung, S. S., Suen, A. M., & Yeung, E. W. (2009). A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: preseason muscle imbalance as a possible risk factor. *British Journal of Sports Medicine*, 43(8), 589-594.
- Zhang, X. M., & Xia, J. Y. (2012). The Comparative Study on Lower Limb Muscles between International and National Master Skating Athletes. *In Applied Mechanics and Materials*, 117, 712-715.

附錄 1 各國選手屈肌及伸肌不同角速度最大力矩比較表(N·m/kg)

角速度	屈肌		伸肌	
	左膝	右膝	左膝	右膝
60°/s(台灣)	1.82	1.89	3.37	3.52
60°/s(中國)	1.97(-8%)	2.00(-5%)	1.62(52%)	1.62(54%)
60°/s(國際)	1.80(1%)	1.73(8%)	1.46(57%)	1.42(60%)
120°/s(台灣)	1.59	1.64	2.69	2.76
120°/s(中國)	2.09(-3%)	2.07(-2.6%)	1.69(37%)	1.66(40%)
120°/s(國際)	1.79(-1.2%)	1.67(-1%)	1.52(43%)	1.50(46%)
180°/s(台灣)	1.39	1.39	2.29	2.46
180°/s(中國)	1.37(1.4%)	1.37(1.4%)	2.45(-7%)	2.26(8.1%)
180°/s(國際)	1.72(-23.7%)	1.68(-20.9%)	2.12(7.4%)	2.10(14.6%)
240°/s(台灣)	1.25	1.32	2.09	2.07
240°/s(中國)	1.37(-9.6%)	1.34(-1.5%)	2.32(-11.0%)	2.15(-3.9%)
240°/s(國際)	1.75(-40%)	1.70(-28.8%)	2.18(-4.3%)	2.18(-5.3%)
300°/s(台灣)	1.12	1.13	1.84	1.80
300°/s(中國)	2.19(-95%)	2.14(-90%)	1.54(16%)	1.45(19%)
300°/s(國際)	1.71(-53%)	1.76(-60%)	1.47(20%)	1.51(16%)

※中國選手及國際選手數據取自於(Zheng & Xia, 2012)

※註(%)=(台灣-外國)/台灣



The elite speed skaters' characteristics of knee muscle strength and balance ability

¹ Ti Wu, ²Chng-Chien Hung, ³Hung-Sheng Hsieh, ²Chun-Ta Lin, ³Jui-Hung Tu*

¹Graduate Institute of Sports Science, National Taiwan Sport University, Taiwan :

²Department of Physical Education, National Pingtung University, Taiwan

Revised : 2021/02; Accepted : 2021/08

ABSTRACT

Purpose: To explore the characteristics of the knee muscle strength and balance ability of excellent speed skaters and compare the relevant parameters of Taiwanese athletes with those of international excellent speed skaters. **Methods:** The participants were 12 excellent male speed skaters (19.79 ± 3.29 years old; (height) 173.68 ± 5.57 cm; (weight) 64.12 ± 6.61 kg). The knee joint muscle strength was measured at five angular velocities by isokinetic muscle machine ($60^\circ/\text{s}$, $120^\circ/\text{s}$, $180^\circ/\text{s}$, $240^\circ/\text{s}$ and $300^\circ/\text{s}$), and related parameters were collected. Balance ability was assessed by using the MARS package software to measure the center of pressure (COP) area when single-leg standing with eyes opened and with eyes closed respectively. **Statistical methods:** 1. Knee joint muscles strength was analyzed by repeated measures of two-way ANOVA, and the significant level was set at $\alpha = .05$. The independent variables were left knee and right knee, flexors and extensors, the dependent variable is the knee muscle strength parameter. 2. Paired sample t-test was used to compare the differences of balance ability between the left and right foot. **Results:** 1. At the high angular velocity ($180^\circ/\text{s}$ · $240^\circ/\text{s}$), the "time to peak torque" of the left knee extensors was significantly lower than the right knee extensors ($p < .05$); 2. The COP area of standing on left foot is less than standing on right foot; 3. Compared with the international skaters, the maximum flexor muscle strength of the Taiwanese skaters at five angular velocity, whether in the left or right knee, was generally lower than that of the international skaters. However, the maximum extensor muscle strength of Taiwanese elite skaters was better than the international skaters at $60^\circ/\text{sec}$, $120^\circ/\text{sec}$, $180^\circ/\text{sec}$ and $300^\circ/\text{sec}$. **Conclusion:** This study presents the characteristics of knee muscle strength and balance ability of elite speed skaters. When making a comparison with international elite skaters, it is found that the knee extensors of Taiwanese elite skaters are generally better than international skaters, but the flexors do not have such characteristics.

Keywords: isokinetic muscle strength, angular velocity, flexor/extensor ratio